



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08328235 A**(43) Date of publication of application: **13 . 12 . 96**

(51) Int. Cl.

G03F 1/08
H01L 21/027
(21) Application number: **07133835**(22) Date of filing: **31 . 05 . 95**(71) Applicant: **SHARP CORP**
 (72) Inventor: **KOBAYASHI SHINJI**
INOUE MASAFUMI
(54) **PHOTOMASK AND ITS PRODUCTION**

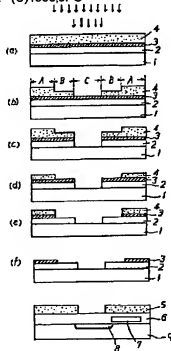
(57) Abstract

PURPOSE: To improve the depth of focus on wafer which is the characteristic of a halftone mask by forming a light shielding film in at least a part of the position corresponding to the place where the first order diffracted light of transmitted light is to be transferred.

CONSTITUTION: A translucent film (half tone film) 2 is formed out on a transparent substrate 1 and the light shielding film 3 is a thin film of chromium, etc., is formed thereon by sputtering, etc., using a material having light shielding property and electrical conductivity, and in succession, a resist 4 is applied thereon. The positions where side lobes arise are calculatable from pattern sizes, inter-pattern pitches and exposure conditions. Further, the light intensity of the side lobes on a wafer is found in addition to the transmittance of the translucent film. The places where the light shielding patterns are arranged are determined from the light intensity determined in such a manner and the resist sensitivity. The halftone mask optimizing such light shielding patterns is capable of preventing the transfer of the unnecessary patterns and maintaining

the light contrast intrinsic to the halftone mask.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-328235

(43) 公開日 平成8年(1996)12月13日

(51) Int. Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 1/08			G 0 3 F 1/08	A
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 0 2 P
				5 2 8

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁)

(51) 出願番号 特願平7-133835

(22) 出願日 平成7年(1995)5月31日

(71) 出願人 000005048

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 小林 慎司

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 井上 雅史

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

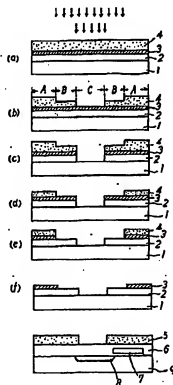
(74) 代理人 弁理士 梅田 勝

(54) 【発明の名称】 フォトマスク及びその製造方法

(57) 【要約】

【構成】 透明基板1上に、ハーフトーン膜2によってパターンが形成されており、透過光のサイドロープが発生する位置に対応する箇所の少なくとも一部に遮光膜3が形成されている。

【効果】 不要パターンの転写を防止し、且つ、ハーフトーンマスク本来の光コントラストを維持することを可能にする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 透明基板上に、半透明膜によってパターンが形成されているフォトマスクにおいて、透過光の1次回折光が転写される位置に対応する箇所の少なくとも一部に遮光膜が形成されていることを特徴とするフォトマスク。

【請求項2】 透明基板上に半透明膜、遮光膜及びレジスト膜を順次形成する工程と、上記透明基板上に上記半透明膜のみが存在する第1のエリア上の上記レジスト膜を、上記遮光膜及び上記半透明膜が存在する第2のエリアよりも薄くする工程と、第1のエリア内に半透明膜のパターンを形成するために上記レジスト膜をパターンニングし、該レジスト膜のパターンをマスクに遮光膜及び半透明膜を除去する工程と、第1のレジスト膜の膜厚差を利用して、第1のエリア上のレジスト膜のみを完全に除去し、第2のエリア上のレジスト膜をマスクとして遮光膜を除去する工程とを有することを特徴とする、請求項1記載のフォトマスクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、フォトマスク、特にハーフトーンマスクの構造及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、縮小投影露光において、ウエハ上のレジストパターンへの解像度、焦点深度を向上させる手法として、フォトマスク上の隣接する開口部の一方に透過光の位相を180°反転させる透明膜（以下、「シフト」）とする。）を配置すれば良いことが知られている。この技術において、問題点の一つであるシフトデータの作成を不要とする技術として、従来パターンを形成するための遮光部に半透明膜（以下、「ハーフトーン膜」とする。）を用い、開口部の光に対して、ハーフトーン膜からの若干の漏れ光（一般的に6～10%）を180°位相反転することにより、位相シフト効果を得るフォトマスク（以下、「ハーフトーンマスク」）が特開平4-136854号公報に開示されている。

【0003】 このハーフトーンマスクは、当初クロム/ SiO_2 （SOG等）の二層構造であり、クロムの膜厚を薄くすることにより透過率を、また、 SiO_2 の膜厚及び屈折率を調整すること（膜厚 $d = \lambda / (2n - 2)$ 、 n : 屈折率、 λ : 露光光の波長）により、位相差を制御していた。

【0004】 しかし、 SiO_2 が非金属材料でレーザーに熱吸収がなため、従来のクロムパターンの欠陥修正と同様のレーザーザッピングが SiO_2 パターンの欠陥修正に適用できないという位相シフト法本来の問題点が残っていた。この問題を解決する手段として、シフトの代替材料が検討され、例えば、特開平4-335523

号公報に示されている、 MoSi 等を酸化化した膜を採用することにより、従来のレーザーザッピングが欠陥修正工程に適用可能となった。また、 MoSi 等を酸化化した膜は反応性スパッタ条件によって酸率や窒素含有率の制御ができるため、単層膜で透過率及び位相差を同時に満足することを可能とした。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、ハーフトーンマスクは遮光部が若干の透過率を有する半透明膜で、このハーフトーンマスクを用いて、例えばウエハ上にパターンを転写する場合、ウエハ上で1次回折光と半透明膜からの漏れ光が同位相で振幅合成される位置においてサイドロープが発生する。このサイドロープ強度は、図9に示すように、ハーフトーン膜の透過率（図中においてTで示す。）に依存し、透過率が大きくなるとサイドロープ強度も大きくなるという相関関係にある。尚、図9では、波長が365nmの光を用い、 $NA = 0.42$ 、コヒーレンス $\sigma = 0.3$ の条件下で、透過率Tを0%、4%、8%、16%と上げて行く場合を示している。サイドロープ強度がレジスト感度に到達すると、不要パターンが転写される。例えば、図6に示す孤立コンタクトホールパターンの場合、コンタクトホール13の周囲に同心円状のリングパターン14が転写される。ハーフトーン膜の透過率設定は光コントラストの観点では、レジスト感度を考慮して遮光部のレジスト膜厚を確保することを絶対条件として、高いほど望ましい。

【0006】 しかし、現状では、上記不要パターンの転写防止に制約され、不要パターンが発生しない透過率に設定せざるを得ない状況にある。また、パターンレアウトによっては、複数のサイドロープが重畳し（図6（a）、7（a））、孤立パターンと比較し、サイドロープ強度が更に大きくなる（図6（c）、図7（c））。このため、不要パターンの転写を防ぐためには、上記孤立パターンの場合と比較して更にハーフトーン膜の透過率を低下させる必要がある。

【0007】 尚、図6（a）は、従来技術における、コンタクトホールを1つ配置した場合の、マスクパターンとサイドロープ位置との関係を示す図であり、同（b）は、同（a）のマスクパターンを用いた場合の転写パターンを示し、同（c）は、同（a）のマスクパターンを用いた場合のウエハ上の光強度分布を示す。また、図7（a）は、従来技術における、コンタクトホールを2つ配置した場合の、マスクパターンとサイドロープ位置との関係を示す図であり、同（b）は、同（a）のマスクパターンを用いた場合の転写パターンを示し、同（c）は、同（a）のマスクパターンを用い、コンタクトホールを5行1列で配置し、光強度を検出した場合のウエハ上の光強度分布を示す。更に、図8（a）は、従来技術における、コンタクトホールを4つ配置した場

2002年12月26日 0:25 7102 MITSUBISHI KITA-ITAMI I.P.CENTER

不要パターンの発生位置がA点からB点へ移り、サイドロープ同士が干渉し得ない距離となった時点で不要パターンが消滅する。A点に不要パターンが発生している際、周囲4個のコンタクトホールパターンとサイドロープが重畳していることは明らかであり、サイドロープ強度は最大値にある。A点のサイドロープ強度最大値は、重畳個数の差により、B点のサイドロープ強度最大値を上回るが、B点が最大値を取るとき、A点のサイドロープ間の距離が大きいため、その強度はB点の最大値を下回る。このため、上述のように、不要パターンの転写位置がパターンピッチに依存し、移動することとなる。

【0020】以上のように、不要パターンが発生するサイドロープ位置はマスクパターンレイアウトにより限定されるため、クロム等で遮光することにより、このサイドロープ位置をレチクル上の特定部分のみ透過率をゼロにすれば（図5に示す）、ハーフトーン膜透過によりサイドロープ強度に寄与する部分が削除されるため、サイドロープ強度は減少し、不要パターンは発生しない。サイドロープ位置をクロム等で遮光すること自体は光コントラストを低下する傾向にあるが、サイドロープ強度はレジスト感度以下になれば良いので、遮光クロムパターンの配置、サイズ等の条件を最適化することにより、ハーフトーンマスク本来の性能を維持し、且つ、不要パターンの発生防止を図ることができ。

【0021】また、図2において、クロムパターンの線幅 W_1 が制御パラメータとなり、線幅 W_2 が大きくなると位相シフト効果が減少し、小さくなると増大する。この際、サイドロープ強度は極小値にする必要はなく、レジスト感度以下であれば、位相シフト効果が大きく残るように設定することが望ましい。図3に、サイドロープ強度が最も大きくなる位置のみを遮光した例を示す。図8のB点に相当する位置は遮光パターンを配置していないが、B点のサイドロープ強度最大値がA点のその約1/2以下であるためA点の遮光パターンサイズ W_2 を最適化することにより、A点よりサイドロープ強度低下率は下回るものの、同時にB点の強度低下をも図ることができる。

【0022】また、A点はクロムパターンにより遮光し、B点のみマスクバイアスを用いて対応するという方法も考えられる。マスクバイアス法は、光コントラストの劣化を招くが、サイドロープ強度低減対象をA点の約1/2であるB点のみにした場合、光コントラスト劣化は最小限に抑えることができる。

【0023】次に、図1を用いて、本発明の一実施例のフォトマスクの製造工程を説明する。

【0024】まず、透明基板1上に半透明膜（ハーフトーン膜）2を形成した上にクロム等の薄膜で遮光性（クロムの場合、100nmで光学濃度が約3.0である。したがって、クロムの厚さは約100nm必要となる。）及び、導電性（数十 Ω ）を有する材料を用いてス

パッタ等により遮光膜3を成膜し、続いて、レジスト4を約5000Å程度塗布する（図1（a））。

【0025】尚、ハーフトーン膜2としては、 MoSiON 、 CrON 等の膜窒素のほか、所定の透過率を有する膜であれば使用可能であり、また、膜厚は位相シフト効果を得る厚さとする。例えば、 MoSiON では、i線ステップ法で、165nmの厚さが必要となる。また、必要な透過率は例えば、i線で6~8%程度であればよい。更に、遮光膜3としては、薄膜で光学濃度が約3.0程度のものであれば使用可能である。但し、ハーフトーン膜に CrON 膜を用いた場合、エッチングの際の選択比を十分に得られないため、遮光膜として Cr 膜は用いられない等、ハーフトーン膜と遮光膜との組み合わせは適宜選択する必要はある。

【0026】また、フォトマスクの露光エリア（ステップのブラインドなしの部分）は、パターンニング後に遮光膜3（ハーフトーン膜2/透明基板1）が残る完全遮光エリア（図1（a）におけるA領域）、所望のパターンがハーフトーン膜2のみで形成されているパターン形成エリア（図1（a）におけるB領域）、遮光膜3及びハーフトーン膜2が除去された遮光エリア（図1（a）におけるC領域）から成る。

【0027】次に、露光工程において、完全遮光エリアは未露光部、パターン形成エリアは露光現象後の残膜厚が完全遮光エリアにおける残膜厚の約1/2となるように露光量を調整する（図1（a））。通常、完全にレジストを除去し得る必要露光量の1/3程度である。一般に、EBレジストはフォトレジストと比較し、 γ 値（露光量に対する、レジスト残膜厚の変化率）が小さいため、この制御は技術的に十分可能である。また、透光エリアはパターン形成エリアの露光の際、同条件で連続的に露光し、更にレジストパターンニングに不足する露光量を追加露光する。例えば、最初の露光で $1.0 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ の露光量で露光し、 $1.8 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ の露光量で追加露光した。以上の露光及び現像工程により、レジスト4は、図1（b）に示す断面形状となる。この際、レジストの厚い所で約4200Å程度、薄い所で約2100Å程度である。

【0028】次に、遮光膜3のウエットエッチングを行う。遮光膜3にクロムを用い、エッチャントには、硝酸第二セリウムアンモニウムを使用した場合、下地との選択性は十分であり、下地（ハーフトーン膜）の劣化は全く生じない。ハーフトーン膜2の膜減りが生じた場合、次のハーフトーン膜2のエッチングの際のエッチングの均一性が得られず、透明基板1へのダメージが入り、好ましくない。

【0029】次に、ハーフトーン膜2のドライエッチングを行う（図1（c））。この際、レジスト4と同時に下層の遮光膜3がマスクとなるため、ドライエッチングガスに CF_4 と O_2 とを用いた場合、ハーフトーン膜2と

マスキング材料との選択比が、マスクにレジスト4のみを用いた場合に比べて飛躍的に向上する。

【0030】その後、全面にO₂プラズマアッシングを行い、レジスト膜4の薄い領域のみを、完全にレジスト除去する(図1(d))。次に、再度遮光膜3のウェットエッチングを行う(図1(e))。尚、遮光膜3を除去する際、下地ハーフトーン膜に膜係りが生じると位相シフト効果が得られないので、遮光膜3のエッチングは高い選択性が必要なので、ウェットエッチングを用い

た。

【0031】以上の工程により、ウエハ上のレジストパターンの焦点深度(DOF)向上効果を得るために必要なハーフトーンパターン本来の機能を維持し、且つ、デバイス製造上フォトマスクに必要な遮光エリアを任意の位置に、高い位置精度で設定できる図5に示すハーフトーンマスクを安定して製造することができる。

【0032】また、図1(a)乃至(e)において形成された、フォトマスクを用いて、図1(f)に示すように、コンタクトホールを形成するためのレジストパターンを形成することができる。尚、図1(f)には、本発明に係るフォトマスクを用いてコンタクトホールを形成する工程の断面図を示す。

【0033】また、本発明の製造工程において、遮光パターンとハーフトーン膜のパターンとを別々のレジストパターンを用いて形成することも考えられるが、この場合、2回のレジストパターン形成工程が必要で、工程数が増えるだけでなく、2回のレジストパターン形成時の位置合わせが困難であり、位置合わせを行うためには、1回目のレジストパターン形成時にアライメントマークも形成しておき、このアライメントマークに基づいて、2回目のレジストパターンを形成することとなる。

【0034】しかし、この際的位置合わせ精度よりも本発明のようなE/Bの2回連続露光時の位置合わせ精度(±0.005 μm)の方が高い。本発明は、E/B露光の特徴を利用し、簡単に制御性のよりフォトマスクの製造方法を提供するものである。また、1つのフォトマスクに複数のチップパターンが存在しても同様に複数のチップの外側の周辺に遮光膜を存在させれば良い。

【0035】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明を用いることにより、サイドロープ強度低減に効果のある遮光パターンをレチクル上の任意の位置に精度よく配置することができる。この遮光パターンを最適化したハーフトーンマスクは不要パターンの転写を防止し、且つ、ハーフトーンマスク本来の光コントラストを維持することが可能である。パターンレイアウトに依存し、転写される不要パターンを防止することによりパターン配置が複雑なデバイスパターンに対応することが可能となり、ハーフトーンマスクを利用するリソグラフィ工程の生産性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例のフォトマスクの製造工程図である。

【図2】(a)は図8における点A及び点Bを遮光するフォトマスクのレイアウトパターン、同(b)は同(a)におけるX-X断面図であり、同(c)は同(a)のフォトマスクを用いた場合のフォトマスクを通過した光の振幅分布を示す図である。

【図3】(a)は図8における点Aを遮光するフォトマスクのレイアウトパターンを示す図、同(b)は同(a)におけるY-Y断面図であり、同(c)は同(a)のフォトマスクを用いた場合のフォトマスクを通過した光の振幅分布を示す図である。

【図4】(a)は従来のハーフトーンマスクの断面図であり、同(b)は同(a)のマスクを用いた場合の転写パターンを示す図、同(c)は同(a)のマスクを用いた場合のウエハ上の光強度分布図である。

【図5】(a)は本発明のハーフトーンマスクの断面図であり、同(b)は同(a)のマスクを用いた場合の転写パターンを示す図、同(c)は同(a)のマスクを用いた場合のウエハ上の光強度分布図である。

【図6】(a)は、従来技術における、コンタクトホールを2つ配置した場合の、マスクパターンとサイドロープ位置との関係を示す図であり、同(b)は、同(a)のマスクパターンを用いた場合の転写パターンを示す図であり、同(c)は、同(a)のマスクパターンを用いた場合のウエハ上の光強度分布図である。

【図7】(a)は、従来技術における、コンタクトホールを2つ配置した場合の、マスクパターンとサイドロープ位置との関係を示す図であり、同(b)は、同(a)のマスクパターンを用いた場合の転写パターンを示す図であり、同(c)は、同(a)のマスクパターンを用いた場合のウエハ上の光強度分布図である。

【図8】(a)は、従来技術における、コンタクトホールを4つ配置した場合の、マスクパターンとサイドロープ位置との関係を示す図であり、同(b)は、同(a)のマスクパターンを用いた場合の転写パターンを示す図であり、同(c)は、同(a)のマスクパターンを用いた場合のウエハ上の光強度分布図である。

【図9】光の透過率と光強度分布との関係を示す図である。

【符号の説明】

- 1 透明基板
- 2 ハーフトーン膜
- 3 遮光膜
- 4, 5 レジスト
- 6 層間絶縁膜
- 7 ゲート電極
- 8 ソース/ドレイン領域
- 9 半導体基板

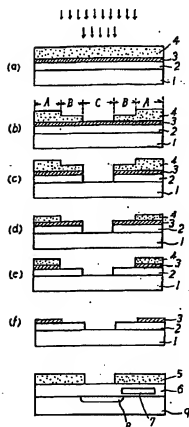
(6)

9

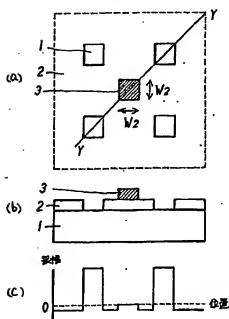
- 11 マスク上のコンタクトホールパターン
12 サイドロップ位置
13 ウエハ上のコンタクトホールパターン

- * 14 ウエハ上に転写された不要なパターン
15 コンタクトホールパターンの光強度
* 16 サイドロップの光強度

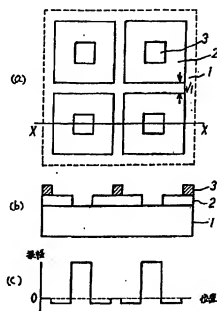
【図1】



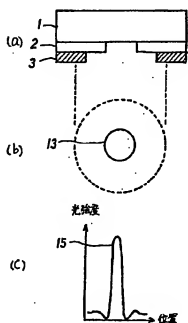
【図3】



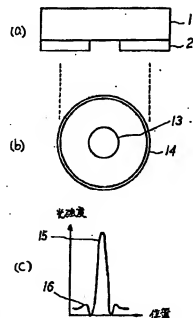
【図2】



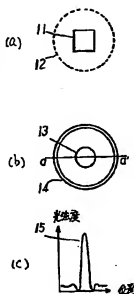
【図5】



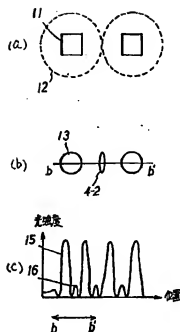
【図4】



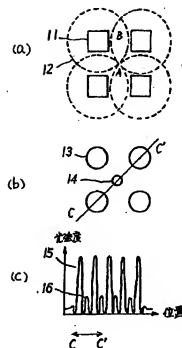
【図6】



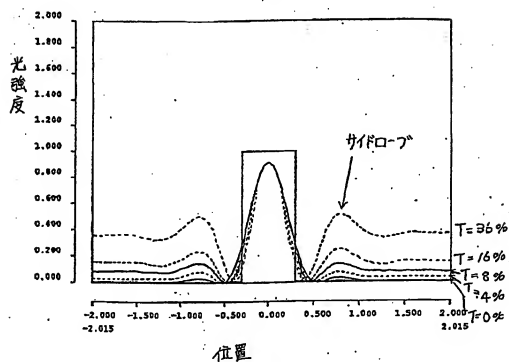
【図7】



【図8】



【図9】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第6部門第2区分
 【発行日】平成11年(1999)11月5日

【公開番号】特開平8-328235
 【公開日】平成8年(1996)12月13日
 【年通数】公開特許公報8-3283
 【出願番号】特願平7-133835
 【国際特許分類第6版】

G03F 1/08
 H01L 21/027

【F I】

G03F 1/08 A
 H01L 21/30 502 P
 528

【手続補正書】

【提出日】平成10年12月25日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0004

【補正方法】変更

【補正内容】

【0004】しかし、 SiO_2 が非金属材料でレーザーに熱吸収がないため、従来のクロムパターンの欠陥修正と同様のレーザーザッピングが SiO_2 パターンの欠陥修正に適用できないという位相シフト本来の問題点が残っていた。この問題を解決する手段として、シフトの代替材料が検討され、例えば、 MoSi 等を酸化化した膜を採用することにより、従来のレーザーザッピングが欠陥修正工程に適用可能となった。また、 MoSi 等を酸化化した膜は反応性スパッタ条件によって酸素や窒素の含有率の制御ができるため、単層膜で透過率及び位相差を同時に満足することを可能とした。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正内容】

【0006】しかし、現状では、上記不要パターンの転写防止に制約され、不要パターンが発生しない透過率によって設定せざるを得ない状況にある。また、パターンレイアウトによっては、複数のサイドローブが重畳し、図7(a)、図8(a)、孤立パターンと比較し、サイドローブ強度が大きくなる(図7(c)、図8(c))。このため、不要パターンの転写を防ぐためには、上記孤立パターンの場合と比較して更にハーフトーン膜の透過率を低下させる必要がある。

【手続補正3】

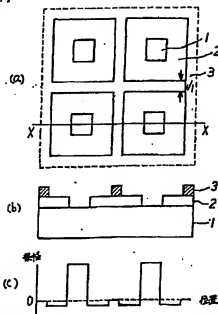
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図2

【補正方法】変更

【補正内容】

【図2】



【手続補正4】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図7

【補正方法】変更

【補正内容】

【図7】

